

J-046

検出期間の変更を可能にした高齢者ライフログの集積法 Acquisition of Elderly Lifelog for Dynamic Modification of Marked-up Duration

室 寛和†
Hirokazu Muro

大野 公裕†
Masahiro Ono

原田 史子‡
Fumiko Harada

島川 博光‡
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

近年, 社会の高齢化が問題となっている. 高齢者の健康状態は悪化しやすいため, 病気になってから病院へ行くという従来の医療体制では対処できない. このため, 高齢者の家庭で取得されたライフログをデータセンタに集積することで, ライフログから高齢者の身体異常を診断し, 高齢者の身体異常を早期に発見するシステムを用いた在宅医療が期待されている.

本論文では, 身体異常の診断や診断するルール作成のために, 行動とその前後の状態がわかるライフログをデータセンタに集積する手法を提案する. 本手法では, 高齢者はウェアラブルセンサを着用し, 携帯端末を持つ. この携帯端末上ではウェアラブルセンサによって取得されるセンサデータを蓄積するプログラムが動作するものとする. 本研究では, このプログラムに重要な役割をもたせる. 携帯端末上のプログラムは蓄積されたセンサデータから高齢者の行動の期間やセンサデータが特定の値を示す期間を発見するだけでなく, この2つの期間の順序と間隔を調べることで, 行動とその前後の状態の特徴も指摘した発見も可能とする. さらに, このプログラムを更新できるようにすることで, 発見する行動とその前後の状態を変更できるようにする. 携帯端末内のライフログに, 発見した行動とその前後の状態を示す目印をつけ, データセンタに送信することで, データセンタでは身体異常が効率よく診断される.

データセンタにライフログを集積し, 身体異常の診断や診断するルール作成に必要な, 高齢者の行動を把握する研究 [1], ライフログをデータセンタに集積するためのプラットフォームの研究 [2] との比較評価を行った. その結果, 新たな検出を追加でき, 行動と状態の順序がわかるという優位性がみられ, 身体異常の診断や診断するルールの作成に役立つデータセンタへのライフログの集積という目的を達成できた.

2. ライフログからの身体異常診断

2.1 ライフログの集積による身体異常の診断

高齢者が脈拍センサや接触物センサを着用して生活することで, 脈拍数や接触物のセンサデータを取得できる. このようなセンサデータをライフログとして取得し, データセンタに集積することで, 高齢者の健康を維持するサービスが提供できる. ライフログとは, センサデータの値にその値が計測された時刻を付与し, 時系列順に並べたものである. ライフログの例を図1に示す.

現在, データセンタを用い高齢者の健康を維持するサービスとして, インターネットを通じて, 高齢者が投薬や定期的な血圧・脈拍, 高齢者の症状といった健康情報を入力することで, 健康情報がデータセンタに集積さ

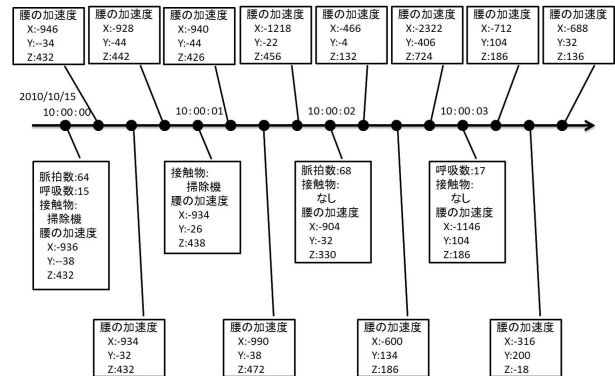


図 1: ライフログの例

れ, 高齢者に健康のためのアドバイスが送られるサービスがある [3][4][5]. また, 高齢者の入力による健康情報だけでなく, 各家庭で取得されたライフログをデータセンタに集積することは, 身体異常を発見するために有用である. まず, データセンタに集積された多人数のライフログから, 身体異常を診断するルールを使って分析することで, 身体異常が診断できる. さらに, 集積された多人数のライフログは新たな身体異常を診断するルールを作成するための分析にも用いられる.

2.2 ライフログ集積のための機器と設備

近年, 加速度センサや角速度センサといった体の動きを取得するセンサ, 脈拍センサや血圧センサといった身体に着用して生体情報を取得するセンサの開発が進んでいる. これらのセンサはセンサデータを携帯端末に送信することも可能である.

センサデータを受信する携帯端末においても, スマートフォンの登場により, 各種センサデータの受信, データセンタへの送信だけでなく, 携帯端末での受信したセンサデータの蓄積・分析も可能になった. これらスマートフォン上には, ライフログやそれに付随するデータを1日程度保持できるデータベースも搭載されている.

データセンタには多数の人から大量のライフログが送られ, これらを長期保存することが求められる. 1 TBを超えるハードディスクが個人用として販売されており, ライフログを集積するデータセンタの構築も容易になってきた. センサ, 携帯端末, ハードディスクの発展により, ライフログを取得するための機器, ライフログを集積・分析するための設備は実現可能になってきた.

2.3 多様な診断対象期間の必要性

データセンタに集積されたライフログによる身体異常の診断のためや新たな身体異常を診断するルール作成のために, 医師は高齢者の行動に着目する. そのため, 行動に着目したライフログの切り出しが必要である. 身体異常の特徴は掃除や階段昇りといった行動の途中や行動後

†立命館大学大学院理工学研究科

‡立命館大学情報理工学部

にあらわれるため、行動と行動前後の状態が重要になる。

本論文では診断対象期間を、新たな身体異常を診断するために、もしくは、身体異常を診断するルールを作成するために重要となる行動とその行動の前後の状態を特定した期間とする。診断対象期間は、診断する身体異常によって異なる。例えば、診断対象期間を、階段を昇った後、安静な状態である期間と定める。まず、安静な状態を足が動いていない状態と定める。しかし、足が動いていなくとも手が動いていたため、安静とは言い難い状態であることが後にわかったとする。次に、安静な状態を手足が動いていない状態と定め直す。しかし、ベランダで外を眺めるなど気温の低い場所に行った場合があったとする。このような場合には、手足が動いていないが、本来取得したい安静な状態が取得できない。そこで、手足が動いておらず、気温が低くない場所にいることを安静な状態の条件とする必要がある。上記のように、診断対象期間を発見するための条件は複雑、かつ、多様である。そのため、診断対象期間を発見するための条件を事前にすべて準備するのは不可能である。

3. 期間変更が可能なライフログの集積

3.1 期間発見プログラムによるライフログの集積

本論文では、身体異常の診断や診断するルール作成のために、診断対象期間がわかるライフログをデータセンタに集積する手法を提案する。本手法では、高齢者は携帯端末とウェアラブルセンサを身に付けて日常生活を行う。高齢者の携帯端末では、ウェアラブルセンサから送信されたセンサデータを受信し、それらから診断対象期間を発見し、センサデータと診断対象期間をデータベースに保存するプログラムを動作させる。この携帯端末内で動作させるプログラムを期間発見プログラムと呼ぶ。

本手法の流れを図2に示す。携帯端末にウェアラブルセンサからのセンサデータが送信され、センサデータがデータベースに蓄積される。期間発見プログラムは期間発見プログラムのアルゴリズムに基づいて、センサデータからセンサデータの取得時刻が診断対象期間に含まれるかどうかを判断する。診断対象期間に該当する期間が検知された場合は、その期間を示すタグがデータベースに記録される。携帯端末内のデータベースに蓄積されたライフログは、診断対象期間を示すタグとともに、定期的にデータセンタに送信される。データセンタには、携帯端末内の期間発見プログラムが発見する診断対象期間とは別の診断対象期間を発見するために各携帯端末がダウンロードすべき期間発見プログラムが準備されている。携帯端末は、ライフログをデータセンタに送った後に、データセンタにある期間発見プログラムをダウンロードし、携帯端末内の期間発見プログラムを置き換えることで、期間発見プログラムを更新する。この更新された新たな期間発見プログラムにより、新たな診断対象期間が携帯端末内で検知される。

3.2 知的空間での行動認識

我々は、人の行動を認知するためにRFIDタグが付けられた知的空間を構築している。この知的空間では、掃除機、ドアノブ、イスなど日常生活において触れる物体に対してRFIDタグが張り付けられている。RFIDタグ

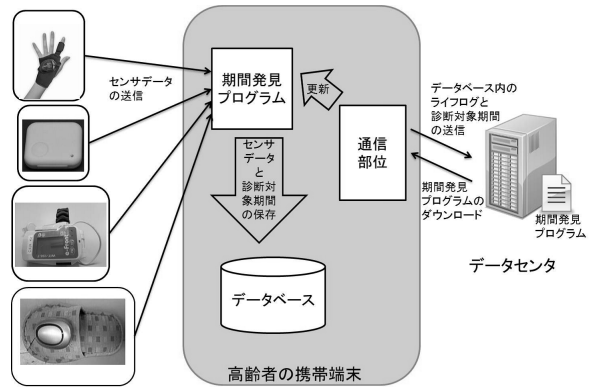


図2: 手法の流れ

には固有のIDがあり、このIDを識別することで物体を認識できる。また、床にもRFIDタグが敷き詰められており、座標データが書き込まれている。高齢者は手に脈拍センサとRFIDリーダを、腰に加速度センサを、足にRFIDリーダを着用して生活する。これにより、高齢者の接触物、位置、歩幅や歩速などの歩行情報、腰の動きを示す加速度、脈拍数が収集できる。さらに、高齢者の接触物や位置、腰の動きを示す加速度を用いることで、高齢者の行動も把握できる [6]。

3.3 高齢者携帯端末における期間タグの付与

診断対象期間を発見するために、掃除や洗濯といった行動の期間、センサデータが一定以上や一定以下の値を示す期間の発見が重要である。そこで、本手法では、携帯端末内のライフログ中の行動の期間とセンサデータが特定の条件を満たす期間にタグを付与し、この2つの期間の発見を可能にする。このタグを期間タグとする。

期間タグは1つまたは複数のセンサから取得されるセンサデータを分析することで、該当期間に付与される。期間タグにより、行動の期間やセンサデータが特定の条件を満たす期間が発見できる。

3.4 期間タグの順序・間隔による期間順序タグの付与

期間タグにより行動の期間とセンサデータが特定条件を満たす期間は発見されるが、期間タグだけでは診断対象期間を発見できない。身体異常の特徴が行動中や行動後に表れるため、本手法では、期間タグの順序と期間タグ間の間隔を検査し、診断対象期間を発見する。

ある期間タグの順序と期間タグ間の間隔が診断対象期間に該当した場合、その期間に期間順序タグを付与する。期間順序タグは、ある期間タグが開始または、終了してから何分以内に次の期間タグが開始するという条件に一致する期間に付与される。

期間順序タグの付与例を図3に示す。期間タグ ξ の開始時刻、終了時刻を $S(\xi)$, $E(\xi)$ でそれぞれあらわすものとする。いま、期間順序タグ X の付与条件を、期間タグ α 開始後から、期間タグ α 終了後15分以内の間に期間タグ β が開始し、期間タグ β が終了後、10分以内に期間タグ γ が開始されるとする。すなわち、

$$(S(\alpha) \leq S(\beta) \leq E(\alpha) + 15) \quad \text{and}$$

$$(E(\beta) \leq S(\gamma) \leq E(\beta) + 10)$$

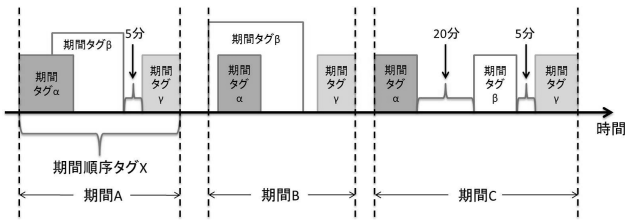


図 3: 期間順序タグの付与例

とする。期間 A では期間タグ の開始後に、かつ、期間タグ の終了前に期間タグ が開始し、期間タグ の終了後 5 分で期間タグ が開始している。よって、期間順序タグ X の付与条件に当てはまるので、期間順序タグ X が付与される。期間 B では期間タグ の開始前に期間タグ が開始している。よって、付与条件を満たさないため、期間順序タグ X は付与されない。期間 C では期間タグ の終了後、20 分が経過した後に期間タグ が開始している。よって、付与条件を満たさないため、期間順序タグ X は付与されない。例に示したように、期間タグ の順序と期間タグ 間隔を調べることで期間順序タグ は付与できる。

期間順序タグの付与により、高齢者の情報をより詳しく限定して、診断対象期間に期間順序タグを付けることができる。例えば、心機能異常の有無を調べるために、心臓への負荷が高い階段を昇る行動をしているときの脈拍数の上昇と、その後の脈拍数の降下の様子を調べることを考える。この状況である高齢者の脈拍数の遷移が年齢を経るとともに悪化していれば、その高齢者の心機能異常を早期に発見できる。また、同じような症状を持つ高齢者の同じ状況での脈拍数の遷移の特徴を条件として指定することができれば、第三の高齢者に心機能異常がないかを判断するための診断ルールが作成できる。しかし、個人の脈拍数の遷移の経年変化をみるにしても、複数高齢者間で脈拍数の遷移を調べるにしても、単に階段を昇ったという行動の情報から診断対象期間を選定すると、階段を昇る行動の前後で脈拍数に影響を与えるような行動があった場合、身体異常を診断するためや身体異常を診断するルールを作成するための正しい分析はできない。よって、階段を昇る行動の前後の状態も含めて条件を指定し、この条件を満たす期間のみを診断対象期間とすべきである。

本手法では、期間順序タグにより、ある行動とその行動の前後の状態も指定して、ライフログ中の診断対象期間を発見できる。期間順序タグを携帯端末上で付与しておいたライフログをデータセンタに転送することにより、データセンタにおいてある行動とその行動の前後の状態を限定した期間を高速に探索できる。もし、さらに別の観点からの分析がこの期間について必要になったとしても、すべてのセンサデータはライフログ中に記録されているので、別の観点からの分析も可能である。

3.5 期間発見プログラムの更新

診断対象期間を発見するための条件を事前にすべて準備できないため、診断対象期間を発見するための条件を医師の指定によって変更可能にする必要がある。診断対象期間を発見するための条件を変更するためには、行動

の期間とセンサデータが特定条件を満たす期間に付与する期間タグと、診断対象期間に付与する期間順序タグを変更する必要がある。期間タグと期間順序タグを変更可能にするためには、携帯端末内で期間タグと期間順序タグの付与を行う期間発見プログラムを変更する必要がある。そこで、本手法では、携帯端末内で期間タグと期間順序タグの付与を行う期間発見プログラムを更新可能にすることで、付与する期間タグと期間順序タグの変更を可能にする。

更新するための期間発見プログラムは、医師が高齢者の性別、持病、ライフログに付与すべき期間タグと期間順序タグを指定することで作成される。作成された期間発見プログラムはデータセンタに置かれる。この期間発見プログラムは医師の指定した性別、持病をもつ高齢者の携帯端末にダウンロードされ、更新される。

更新された期間発見プログラムにより、更新前の期間発見プログラムが発見する診断対象期間とは別の診断対象期間を発見できる。期間発見プログラムを更新することで、発見する診断対象期間の動的な変更が可能になり、多様な診断対象期間に対応できる。

4. 実装

4.1 実装環境

前章で提案したライフログ集積手法で用いる、高齢者の携帯端末内のシステムとデータセンタ内のシステムを実装した。高齢者の携帯端末として、エイサー社のスマートフォン Stream を使用した。また、高齢者が着用するウェアラブルセンサとして、足の位置と接触物を取得するための RFID タグリーダ、また、腰の動きを示す加速度を取得するための加速度センサを用いた。これらのセンサは、Bluetooth 通信機能を搭載している。高齢者の生活空間としては RFID タグが付けられた知的空間を用いた。高齢者の携帯端末とデータセンタで動作するプログラムは Java で実装した。

4.2 携帯端末との通信

携帯端末とウェアラブルセンサ、携帯端末とデータセンタとの通信について述べる。通信の流れを図 4 に示す。携帯端末における、各種ウェアラブルセンサからのセンサデータの受信と、受信後のデータベースへの蓄積について述べる。加速度センサと携帯端末との通信は Bluetooth で行う。また、RFID タグリーダと携帯端末との通信は、携帯端末と同一ネットワーク上に端末を用意し、RFID タグリーダと端末間の通信を Bluetooth で

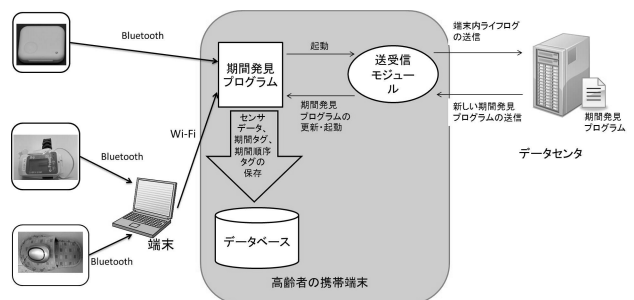


図 4: ウェアラブルセンサと携帯端末間の通信

行い、端末が受信したセンサデータの携帯端末への送信をWi-Fiで行う。携帯端末では、センサデータを受信すると、それを携帯端末内のデータベースに蓄積する。さらに、期間発見プログラムによって、期間タグ、期間順序タグがデータベース内のライフログに付与される。

ライフログのデータセンタへの集積と異常発見プログラムの更新のために、携帯端末とデータセンタの通信について述べる。データセンタには、期間発見プログラムが準備されている。携帯端末内には、期間発見プログラムとデータセンタとの通信を行う送受信モジュールがある。期間発見プログラムは毎日、一定の時刻に送受信モジュールを起動し、自身は終了する。送受信モジュールは、携帯端末内のライフログをデータセンタに送信し、携帯端末内のライフログを削除する。データセンタはライフログを受信すると、新しい期間発見プログラムを携帯端末に送信する。送受信モジュールは、新しい期間発見プログラムを受信すると、これを古い期間発見プログラムに上書きし、期間発見プログラムを更新する。期間発見プログラムの更新が完了すると、送受信モジュールは期間発見プログラムを起動する。その後、送受信モジュールは終了する。

5. 比較評価

本章では、データセンタにライフログを集積し、身体異常の診断や診断するルール作成を行うために重要となる文献[1]、文献[2]の研究と比較し、本手法を評価する。

データセンタにライフログを集積し、身体異常の診断や診断するルール作成を行うためには、診断対象期間の把握と各ユーザのライフログのデータセンタへの集積が有用である。診断対象期間の把握につながる行動の期間を発見する研究として、取得したライフログから、ユーザの行動を推定し、ライフログを構造化する研究がなされている[1]。ユーザのライフログをデータセンタに集積する研究として、ライフログを取得し、一箇所に収集するためのプラットフォームの研究がなされている[2]。

本手法を文献[1]、[2]と比較したときに、本手法では期間発見プログラムをダウンロードするため、新たな期間タグと期間順序タグを検出する機能を追加することが可能になる。しかし、ほかのふたつの研究では、検出項目を自動的に追加することはできない。次に、本手法では期間順序タグを使用するため、行動と状態の順序と間隔に着目した期間抽出が可能になる。しかし、ほかのふたつの研究では、行動と状態の順序と間隔は追えない。さらに、本手法では定期的にデータセンタにライフログを集積するため、多数の利用者からライフログを収集することが容易になる。文献[2]においては外部に向けてのライフログの送信が可能のため、多数の利用者のライフログ取得は可能である。しかし、文献[1]では、取得者のみが自身のライフログを使用するため、多数の利用者のライフログ取得はできない。

一方、本手法が劣っている点もいくつかある。まず、本手法では取得したライフログはすべて外部に出力されるため、他人が見ることを望まない情報まで、外部に出力され、プライバシーを保護しにくい。文献[2]では外部へ出力するライフログをユーザが選択できるため、プライバシーを保護しやすい。また、本手法では行動の検出精度

表 1: 既存研究との比較評価

	本手法	文献 [1]	文献 [2]
新たな検出の追加	検出項目は変更可能	検出項目は変更不可	検出項目は変更不可
行動と状態の順序と間隔のわかる期間抽出	期間順序タグにより可能	順序と間隔は追えない	記載なし
プライバシーの保護	画像、音声は使用しないが、全ライフログを外部へ出力	画像、音声を使用	外部への出力するライフログを制限可能
多数のユーザのデータの取得	取得されたライフログはデータセンタに集積	取得されたライフログは取得者のみが使用	取得されたライフログは個人の端末だけでなく、外部にも送信
行動の検出精度	ダウンロードする期間発見プログラムのアルゴリズムに依存	ニュートラルネットワークによる学習機能を持ち、推定による検出が可能	検出は可能だが、内容について記載なし

は期間発見プログラムに依存する。文献[1]ではニュートラルネットワークによる学習機能を持ち、推定によって行動を検出しているため、行動の個人差に対応できる。

以上のことから、本手法では、身体異常の診断や身体異常を診断するルール作成のための期間を発見し、複数人のライフログを集積するには有用である。

6. おわりに

本論文では、高齢者が携帯端末とウェアラブルセンサを身に着けて生活する環境を想定し、身体異常の診断や、診断するルール作成のために必要となるライフログをデータセンタに集積する手法を提案した。行動とその行動の前後の状態がわかるタグがこのライフログには付与され、診断や診断ルールの作成が効率的に実施される。

本手法の優位性を検証するために、既存研究との比較を実施した。その結果、本手法では、把握する行動と行動の前後の状態を変更でき、行動と状態の順序と間隔が把握でき、多数の高齢者のライフログを集積できるという利点がみられた。

今後は実際の生活に適用し、手法の適用範囲を検討する。

参考文献

- [1] Masayuki Ono, Kunihiko Nishimura, Tomohiro Tanigawa and Michitaka Hirose: Structuring of Lifelog Captured with Multiple Sensors by Using Neural Network, *VRCAI2010*, pp.111-118, (2010).
- [2] Darko kirovski, Nuria Oliver, Mike Sinclair and Desney Tan: Health-OS: A Position Paper, *HealthNet2007*, pp.76-78, (2007).
- [3] GoogleHealth: <http://www.google.com.health/>
- [4] MicrosoftHealthVault: <http://www.healthvault.com/>
- [5] WebMD: <http://www.webmd.com/>
- [6] Hiroka Mori, Fumiko Harada and Hiromitsu Shimakawa: Analyzing Duration of Actions Implying Living Willingness Using Wearable Sensors, *IC-CIT2009*, pp.507-510, (2009).